

# DSP 在焊缝识别系统中的应用

蔡志勇<sup>1,2</sup>, 胡保安<sup>1</sup>, 余伏章<sup>2</sup>, 陈荣<sup>1</sup>

(1.南昌大学 信息工程学院电子系, 江西 南昌 330029;

2.洪都集团 飞机设计所, 江西 南昌 330024)

**摘要:** 一种基于 DSP 的视觉焊缝识别系统。采用 ADSP21160 实现了焊接图像焊缝识别算法, 满足了信号实时处理的要求。

**关键词:** 焊缝识别系统 ADSP21160 焊缝识别算法 仿真运算

以工控机为核心的计算机视觉焊缝识别系统, 虽然技术成熟, 但其组成复杂(由工控机、图像采集卡、I/O 卡和显示器等器件组成), 其抗振动和抗冲击能力差, 不利于外场使用。焊缝识别技术研究的目的实现焊缝自动跟踪。受工控机的处理器限制, 工控机处理一幅焊接图像一般需要 100ms 左右。当焊缝自动跟踪系统由多个视觉传感器组成时, 焊缝识别系统要同时处理多个视觉传感器图像, 若仍采用以工控机为核心的视觉识别系统, 则很难满足焊缝自动跟踪系统的实时性要求。

鉴于上述原因, 本文研制了一种基于 DSP 的视觉焊缝识别系统, 适用于内场和外场的工业控制现场。同时, 本文将焊缝识别中的小波算法用数字信号处理器(DSP)实现, 大大提高了运算速度, 满足了信号实时处理的要求。

## 1 基于 DSP 的视觉焊缝识别系统的构成

计算机视觉焊缝跟踪系统主要由激光视觉传感器、图像采集模块、焊缝识别、人机接口界面、模糊控制、I/O 接口、功率驱动电路以及十字滑块组成。视觉焊缝识别系统由其中的视觉传感器、图像采集模块、焊缝识别和人机接口界面组成。

本文研制的基于 DSP 的焊缝识别信号处理板能够实现上述的视频信号采集处理和焊缝识别功能。DSP 信号处理板的视频芯片完成了将视觉系统的焊接视频信号转换成数字信号, 供 ADSP21160 芯片进行焊缝信息处理, 得到焊缝偏差信号。信号处理板通过 LCD 接口, 可以与显示器相连, 也可以经视频编码芯片转换成视频信号在监视器上显示。因此, 基于 DSP 的视觉焊缝识别系统由视觉传感器、DSP 信号处理板和显示器组成。

该信号处理板以 DSP 芯片 ADSP21160 为核心, 外围配以视频解码器、可编程逻辑器件、存储器、输入输出器件等, 组成信号处理板。信号处理板不但能完成视频信号的采集、图像处理工作, 也能完成控制算法。当算法在工控机实验成功后, 则移植到基于 DSP 的信号处理板中进行实时处理。图 1 是基于 DSP 的焊缝识别信号

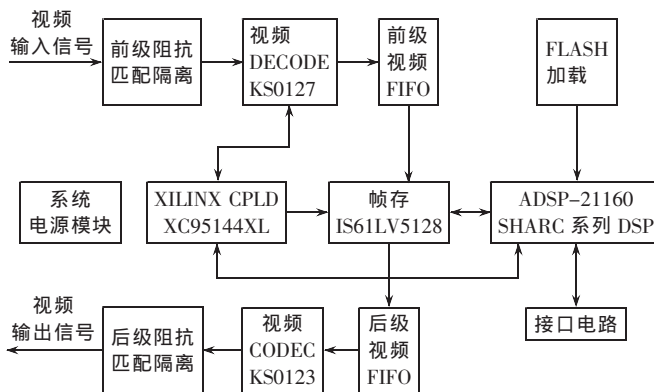


图 1 DSP 信号处理板框图

处理板的硬件组成框图。

系统的工作原理为: 将视觉传感系统摄取的焊接工件的电视信号输入到前级缓冲匹配接口, 经视频解码器(A/D), 将电视信号转换成数字图像信号, 在可编程逻辑器件的时序调度下, 数字图像进入 FIFO 存储器缓存, 然后将每帧图像数据块调入 DSP 内存, 中央处理器 ADSP21160 根据图像处理算法, 进行信号处理, 得到焊缝位置信息, 进而得出焊缝偏差信息。

## 2 焊缝识别算法的 DSP 实现过程

### 2.1 卷积的实现

焊缝识别算法中的小波变换主要有小波滤波和尺度滤波两种操作。从数字信号处理的角度看, 滤波实际上是对输入信号进行卷积运算, 它可以用下式表示:

$$\begin{cases} a_{i+1} = a_i * g(n) \\ d_{i+1} = a_i * h(n) \end{cases} \quad i=0, 1, 2, \dots$$

式中,  $g(n)$  是尺度滤波器系数,  $h(n)$  是小波滤波器系数。

由此可见, 卷积是焊缝识别的核心程序。由于采用以 ADSP21160 为核心的信号处理板实现焊接图像的焊缝识别, 所以首先应运用 ADSP21160 程序实现卷积的全过程。

卷积运算实际上就是反转、移位、相乘、求和。下面是运用 ADSP21160 进行卷积运算的源程序，其中反转过程在滤波器系数的设置中已经完成，移位过程则由后面的插零取数程序完成，这里给出的仅是相乘求和的程序：

```
f0=dm(i0, m0), f4=pm(i9, m9);
f8=f0 * f4, f0=dm(i0, m0), f4=pm(i9, m9);
f12=f0 * f4, f0=dm(i0, m0), f4=pm(i9, m9);
lcntr=r1, do macs until lcc;
macs: f12=f0 * f4, f8=f8+f12, f0=dm(i0, m0), f4=pm(i9, m9);
f12=f0 * f4, f8=f8+f12;
f8=f8+f12;
```

该程序可以用图 2 解释。图 2 中的 i0、i9 为地址寄存器，i0 指向数据存储 DM 中存放的移位过程后所对应的输入数据的起始地址，i9 指向程序存储器 PM 中存放滤波器系数的起始地址；m0、m9 为地址修改寄存器，值为 1；f0=dm(i0,m0), f4=pm(i9,m9) 是一条并行的后修改地址的数据存储指令，作用是将 i0 和 i9 所指的数据同时存放到 f0 和 f4 中，再将 i0 和 i9 加 1，让它指向下一数据。lcntr 是一条循环语句，其中通用寄存器 r1 中存放循环的次数，值为滤波器系数个数减 3（原因是在此循环指令之前，已经完成了三次数据存放）。这样，通过反复地取数、相乘、相加可以得出卷积运算的结果，该结果放在通用寄存器 f8 中。

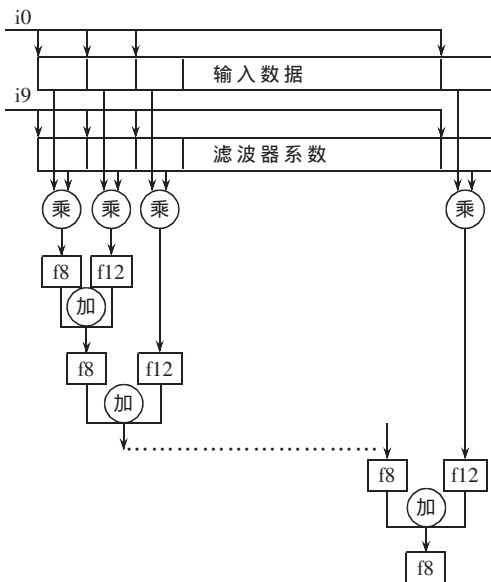


图 2 卷积图解

### 2.2 插零取数过程

由于进行小波变换焊缝识别时，需进行多层小波变换分解。进行第  $n$  层小波变换分解时，相当于信号通过滤波器  $H(z^n)$ 。根据卷积运算的原理，在进行卷积运算时，可以按照分解层数的递增，分别对输入数据进行插零取数，如图 3 所示。插零个数为  $2^{n-1}-1$ （其中  $n$  为层数，即第一层分解时每次取连续的 8 个数与滤波器系数

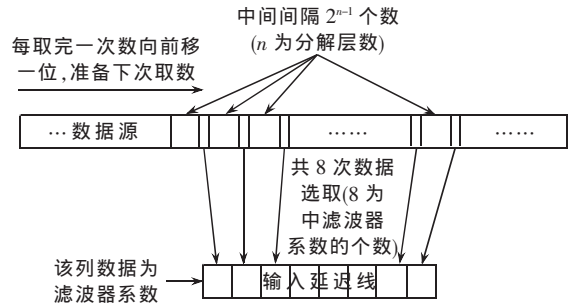


图 3 插零取数示意图

卷积，第二层分解时每次隔 1 取 1 个数共取 8 个与滤波器系数卷积，第三层分解时每次隔 3 取 1 个数共取 8 个与滤波器系数卷积……)<sup>[5]</sup>。

该程序的基本思想是：根据分解的层数，先计算出所取的数在其对应的原始数据中的序列号（在程序中用通用寄存器 r10 存放）；然后把该序列号减 1 并放入地址修改寄存器 mx 中，运用预修改地址指令 f0=pm(mx, ix) 把 ix 中的第 mx+1 个数取出存放到 f0 中；最后通过后修改地址指令 dm(i0, m0)=f0，把 f0 中的数填入 i0 所指向的输入延迟线中，待填满 8 个数后便可调用前面的卷积程序与滤波器系数进行一次卷积，得到卷积运算的结果。

### 3 焊缝识别算法的 DSP 处理结果

为了对焊接图像进行处理，必须读取图像每一行的灰度数据，将整幅图像的灰度数据存入数据文件中，再将此数据文件加载到 VisualDSP 开发环境中开始运算。这里以螺旋管内焊图像的焊缝和焊炬识别为例进行说明，以便得到 DSP 的运算时间以及焊缝和焊炬位置识别的效果。

螺旋管内焊图像的大小为 660×500，每行有 660 个像素，每个像素的灰度级为 256，共有 500 行。提取每一行的灰度数据，进行小波变换运算，共进行 4 层的小波滤波和尺度滤波分解。运算的结果用 VisualDSP Debugger 进行绘图。DSP 软件运算情况见图 4~图 7。

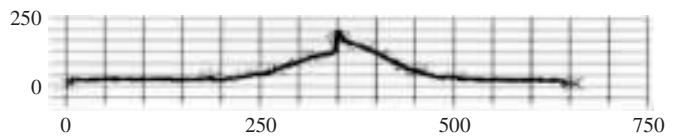


图 4 螺旋管内焊图像的行灰度曲线

仿真得出的焊接偏差结果为（单位为像数点）：

焊缝位置=356                      焊炬位置=362；

焊接偏差=焊缝位置-焊炬位置=356-362=-6。

仿真得出的运算时间为：处理一幅焊接图像使用了 886903 周期，而指令周期是 10ns，因此运用 ADSP21160 完成整个焊缝识别需要的时间为  $t=886903 \times 10 \times 10^{-9} \text{ms} \approx 8.869 \text{ms}$ 。这个时间远小于工控计算机所用的时间。

（下转第 33 页）

(上接第 12 页)

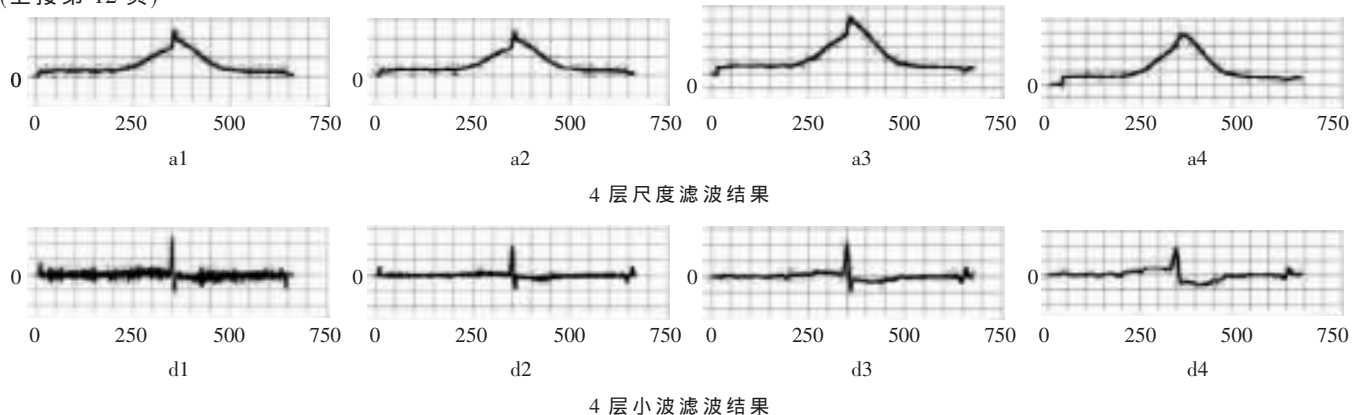


图 5 灰度信号小波变换仿真的结果

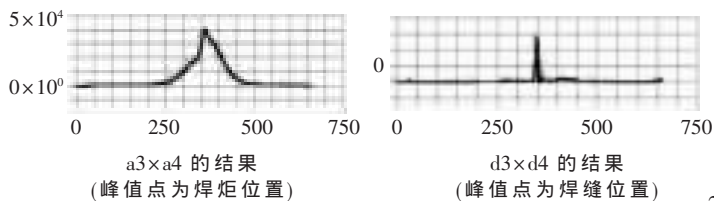


图 6 焊缝和焊炬识别结果

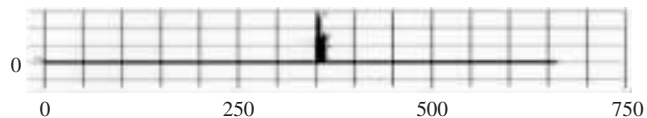


图 7 焊接偏差(其中长的为焊缝,短的为焊炬)

用数字信号处理器实现焊缝识别算法,很好地解决了通常工程中使用的工控机实时性不高、处理速度不快的问题。由于算法或硬件实现都可以应用到任何视觉传

感器的焊接自动控制系统中,所以具有很高的工程价值和市场前景。

#### 参考文献

- 王大鸣.新一代 SHARC 结构的 DSP-ADSP21160[J].微处理机,1999;4:13~15
- 苏涛.高性能 DSP 高速实时信号处理[M].西安:西安交通大学出版社,1998
- 蔡志勇.小波变换 Mallat 算法的 ADSP21160 实现[J].微电子学与计算机,2003;10:76~78
- 崔景泰.小波分析导论[M].西安:西安交通大学出版社,1995;68~72
- 杨福生.小波变换的工程分析与应用[M].北京:科学出版社,2001

(收稿日期:2006-06-08)